

DISEÑO DE LA CADENA DE SUMINISTROS PARA UNA EMPRESA DEL SECTOR DE DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS Y BEBIDAS

SIMÓN CARTAGENA SEVILLANO

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial

Jaime Alberto Sánchez Velázquez Ms(c) Ing.
Administrativa, Coordinador Área Simulación



**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA
INGENIERÍA INDUSTRIAL
ENVIGADO**

2014

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis agradecimientos a Jaime Sánchez por su aporte en dedicación y orientación durante este trabajo de grado.

CONTENIDO

	pág.
Introducción	8
1. Preliminares	9
1.1 Planteamiento del problema	9
1.2 Formulación del problema	9
2. Justificación.....	11
2.1 Objetivos del proyecto	12
2.1.1 OBJETIVO GENERAL	12
2.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	12
2.2 ANTECEDENTES	12
2.3 Marco de referencia	15
2.3.1 LA CADENA DE ABASTECIMIENTO	15
2.3.2 LA CADENA DE ABASTECIMIENTO EN DINÁMICA DE SISTEMAS	15
2.3.3 DINÁMICA DE SISTEMAS.....	16
2.3.4 DIAGRAMAS CAUSALES.....	17
2.3.5 DIAGRAMAS DE FORRESTER	17
2.3.6 SOFTWARE ITHINK	18
3. Metodología	19
3.1 INVESTIGACIÓN DE OPORTUNIDADES PRESENTADAS POR LOS TLC.....	19
3.2 REALIZACIÓN MODELO DE SIMULACIÓN	19
4. Investigación de tratados de libre comercio firmados por colombia	21
4.1 CHILE.....	21
4.2 CANADÁ	23
4.3 ESTADOS UNIDOS	24
5. Dinámica de la gestión de la cadena de suministro para una empresa de distribución de alimentos y bebidas	26
5.1 . ARTICULACIÓN DEL PROBLEMA	26
5.2 HIPÓTESIS DEL MODELO.....	26
5.2.1 . MAPA CONCEPTUAL DEL SISTEMA.....	31
5.2.2 VARIABLES DEL MODELO	32
5.2.3 DIAGRAMA CAUSAL DEL MODELO	33
.....	35
5.3 FORMULACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN	36
5.3.1 ECUACIONES DEL MODELO	36
5.4 PRUEBAS.....	37
.....	44
6. Conclusiones	46
7. Bibliografía	47

LISTA DE TABLAS

	pág.
TABLA 1 : IMPORTACIÓN DE VINO EN COLOMBIA.....	23
TABLA 2: VARIABLES PRINCIPALES	32
TABLA 3: RESULTADOS DE VARIACIÓN NEGATIVA.....	41
TABLA 4: RESULTADOS VARIABILIDAD NEGATIVA.....	43
TABLA 5: VARIABILIDAD POSITIVA DE LA DEMANDA.....	44

LISTA DE FIGURAS

	pág.
FIGURA 1: REPRESENTACIÓN PROVEEDOR.....	27
FIGURA 2: REPRESENTACIÓN FABRICANTE	28
FIGURA 3: REPRESENTACIÓN DISTRIBUIDOR	29
FIGURA 4: REPRESENTACIÓN DETALLISTA	30
FIGURA 5: REPRESENTACIÓN DETALLISTA	30
FIGURA 6: MAPA CONCEPTUAL DEL SISTEMA.....	31
FIGURA 7: DIAGRAMA CAUSAL DEL MODELO	35
FIGURA 8: NIVELADORES DE VARIABILIDAD Y MÉTRICAS DE DESEMPEÑO	37
FIGURA 9: GRÁFICO PRUEBA BAJO CONDICIONES NORMALES	38
FIGURA 10: GRÁFICO PRUEBA BAJO DEMANDA EXTREMADAMENTE ALTA	38
FIGURA 11: GRÁFICO PRUEBA BAJO DEMANDA EXTREMADAMENTE BAJA.....	39
FIGURA 12: GRÁFICO PRUEBA BAJO CONDICIONES DE VARIACIÓN DE DEMANDA Y LEAD TIMES	40
FIGURA 13: GRÁFICO CON VARIACIÓN NEGATIVA DE LOS LEAD TIMES.	41
FIGURA 14: VARIABILIDAD NEGATIVA DE LA DEMANDA.....	42
FIGURA 15: GRÁFICO VARIABILIDAD POSITIVA DE LA DEMANDA	44

RESUMEN

Debido al constante crecimiento de la economía en el país, las empresas constantemente se ven obligadas a estar a la vanguardia de nuevas tecnologías y métodos que les permitan estar un paso por delante de sus competidores y así no quedar rezagados en cuanto a la competencia. Específicamente, para una empresa de distribución de alimentos y bebidas basada en la importación y exportación de materia prima y producto final, entra entonces con vital importancia el concepto de la cadena de abastecimiento y un correcto manejo de la misma. El problema que se detecta es que actualmente hace falta una organización del sistema de la cadena de abastecimiento que permita al empresario tomar decisiones acertadas teniendo en cuenta el crecimiento del país y sacando provecho del crecimiento en lugar de verse acorralado por el. En consecuencia, se decide elaborar un modelo de simulación basado en la dinámica de sistemas que permita ver al empresario desde un enfoque de distribución de alimentos y bebidas, cuáles serían las variables que afectan sus decisiones, cómo las afectan y cómo se deben tomar las mismas.

Para esto se emplea la modelación del sistema por medio del software ITHINK, que permite al encargado de la cadena de abastecimiento tener claridad sobre el desempeño de la cadena. El software permite evaluar variable por variable y ver cómo éstas afectan el funcionamiento final del sistema (en este caso el sistema es la cadena de suministros). La idea de esto es poder ver la cadena de suministros desde un enfoque a la distribución del producto y evaluar su desempeño por medio del método de dinámica de sistemas. Esto se logra llegando a un modelo final y utilizando herramientas como diagramas de forrester y diagramas causales que nos permitan analizar las relaciones entre elementos de la estructura de la cadena de suministros.

Como resultados finales se encontró el efecto que pueden tener la variabilidad en la demanda y la variabilidad en los tiempos de espera en cada etapa de la cadena de abastecimiento para aspectos importantes como desabastecimientos, cantidad de pedidos, el promedio de los días de abastecimiento, etc. Se finaliza el trabajo entonces con un modelo completamente funcional que permite al modelador y al encargado de la cadena de suministro tomar decisiones acertadas a la hora de ordenar pedidos y manejar inventarios.

ABSTRACT

Due to continued growth of the economy in the country, companies are forced to constantly be at the forefront of new technologies and methods that allow them to be one step ahead of their competitors and so as to not fall behind the competition. Specifically for a distribution company based on food and drink imports and exports of raw materials and finished product, the concept of critical supply chain and its proper handling becomes vital for success. The problem that is currently critical is the need of an organization system of the supply chain to enable the employer to make sound decisions based on the country's growth and taking advantage of growth instead of being "cornered" by it. Consequently, it was decided to develop a simulation model based on system dynamics that allows an enterprise from the perspective of food and beverage distribution, to detect which would be the variables that affect their decisions, how the decisions are taken and how they should be taken.

For this model the ITHINK software was used, this is a program which enables the manager of the supply chain to gain more clarity on the performance of supply chain. The software allows you to evaluate variable by variable and see how they affect the final performance of the system (in this case the system is the supply chain). The idea of this is to see the supply chain from a point of view that centers itself on product distribution and evaluates its performance through a system dynamics method. This is achieved by reaching a final model and using tools such as forrester diagrams and causal diagrams that allow us to analyze causal relationships between different elements of the structure of the supply chain.

Final results show the effect demand variability and variability in supply chain lead times can have at each stage of the supply chain for key variables such as shortages, number of orders, the average daily supply, etc. The final result ends with a fully functional model that allows the modeler and the supply chain manager to make good decisions in ordering quantities and manage inventory ordering decisions.

INTRODUCCIÓN

La industria de bebidas y alimentos de la cual se aprovisiona la cadena de abastecimientos de artículos alimentarios, incluye la comercialización y venta de todo tipo de alimentos. Desde artículos transportados a granel hasta productos empacados, productos de ciclo de vida corto y largo y alimentos perecederos tanto como los no-perecederos.

Los componentes más relevantes de la cadena de abastecimiento o “supply chain” de alimentos son los “lead times” ó tiempos de espera y la demanda, como elementos variables y que tienen influencia sobre el comportamiento de la cadena. Productores, proveedores, distribuidores y detallistas como los principales actores. Ubicación de las bodegas de inventario y el hecho de que se manejen mercados monopolísticos. Elementos como el cambio de demanda en el nivel de detallistas afecta la cadena de abastecimiento del producto y ésta sufre cambios debido a la aparición de nuevos competidores, inflación, etc. La demanda en el nivel de distribución y manufactura se ve afectada por factores como la variabilidad del tiempo de espera (lead time), falta de comunicación efectiva entre niveles y los patrones de demanda del consumidor final.

La intención de éste trabajo de grado es diseñar la cadena de abastecimiento para una empresa de alimentos y bebidas importados en Colombia, teniendo en cuenta las principales oportunidades que presentan los TLC firmados por el país y por medio del estudio del desempeño de la misma, mediante una simulación virtual como modelo de dinámica de sistemas. Se busca dar con la manera más sencilla y efectiva de modificar la cadena de abastecimiento y optimizar así la variabilidad de la demanda y por lo tanto la de los tiempos de espera. Por medio de una simulación de dinámica de sistemas se quiere llegar a aportar a la comunicación entre niveles de la cadena de abastecimiento y la toma de decisiones que afecta a la misma. De ésta manera, se nos permite predecir resultados y futuros movimientos de la demanda y tiempos de espera, para así lograr una caracterización óptima de la cadena de suministros discutida.

1. PRELIMINARES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la sociedad del mundo contemporáneo, se vive una época de continuo desarrollo y avances, tanto en tecnología como en muchas otras partes importantes de la vida actual. Esto se puede apreciar claramente en el día a día en cosas tan sencillas como comportamientos, maneras de pensar y doctrinas en general, de la misma manera se puede ver en cosas materiales como nuevas tecnologías y nuevas e innovadoras ideas de negocio (justo cuando pensamos que no había más ideas diferentes). Es por esta razón que para el empresario emprendedor es importante estar a la vanguardia del constante cambio que se vive en el mundo, para así mejorar su negocio actual ó incluso idear nuevas ideas de negocio.

Dicho esto, para el empresario Colombiano (aún así éste sea exitoso) vale la pena analizar las posibles nuevas opciones que se presentan constantemente para la mejora de su negocio. Teniendo en cuenta que Colombia es un país en crecimiento y con un desarrollo muy importante en los últimos años. Es por ésta razón que ahora, más que nunca, el emprendedor colombiano tiene la oportunidad de crecer, con oportunidades como el crecimiento en el interés de la inversión extranjera en nuestro país y los tratados de libre comercio (TLC) en negociación como el de Costa Rica y los recientemente firmados con Estados Unidos y Corea.

Teniendo en cuenta el contexto mencionado anteriormente, para el ingeniero industrial es evidente que hay una gran oportunidad de mejora en utilidades, más específicamente a la hora de pensar en la cadena de suministros. Es así como se encuentra con una oportunidad de mejora para un negocio que se dedica a la distribución de alimentos y bebidas. Debido a que tanto la comida como las bebidas implican un gasto para la empresa, es de vital importancia tener el más bajo costo posible tanto para la comida como para las bebidas, y esto se logra con un plan y adecuada administración para la cadena de suministros.

La optimización de costos en materia prima (comida y bebidas) se puede lograr con un adecuado estudio de la cadena de suministros. No sólo es importante un estudio como éste para el negocio mencionado en particular, si no también para cualquier tipo de Restaurante o Bar. Es interesante llevar a cabo este proyecto ya que, por la naturaleza del negocio descrito, éste permite incluir como motivo de importancia a los TLC que sean firmados por el país y así poseer un plan óptimo de costos para la empresa. Del TLC se puede tomar ventaja tanto independientemente cómo por medio de contratistas dedicados a la importación. Es ése también un punto a investigar, cual de las dos posibilidades puede resultar con mayores ahorros para la empresa.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En medio de una crisis económica mundial importante y ante el constante crecimiento de países sub-desarrollados (como Colombia), el empresario debe buscar todo tipo de ahorro que le permita tener

un negocio cada día más rentable y en especial competitivo. Además de por simple supervivencia del negocio, se debe innovar también porque las crisis económicas y el crecimiento no sólo presentan retos si no oportunidades de crecimiento para las empresas.

Se encuentran entonces necesidades a satisfacer como el manejo adecuado de la variabilidad en la demanda del consumidor, los cambios en los tiempos de espera y entrega del producto, el almacenamiento oportuno del mismo, la innovación en el manejo de la cadena misma, etc. Que pueden ser optimizados a través de un diseño oportuno de la cadena de abastecimiento.

La cadena de suministros es entonces una manera de explotar éstos factores, da ventajas e impulsos para el crecimiento empresarial. Es por esto que el reto está en la caracterización oportuna y bien formulada de la cadena, dándole así las herramientas a la empresa para ser competitiva, rentable e innovadora, todas características de una empresa que perdura en el tiempo, y todo esto se logra alcanzando los objetivos propuestos.

2. JUSTIFICACIÓN

En un ámbito empresarial y social constantemente cambiante, es importante estar a la vanguardia de todos los procesos que toman un rol en la composición de una industria competitiva. Es decir, saber que tipo de cambios sufren estos procesos en el mundo y que tipo de mejoras se le pueden hacer al mismo. Uno de los procesos claves en una empresa del sector alimenticio es la debida administración de la cadena de suministros (CDS ó supply chain).

En el pasado, la administración de la cadena de suministros era una tarea considerada obligatoria y “de trámite” en el mundo empresarial. A medida que el mundo empresarial se vuelve cada vez más competitivo y hostil para las empresas, todo tipo de ahorro vuelve más rentable un negocio. Es de esta manera como entra en la mente de los empresarios que una adecuada manutención de la CDS representa un ahorro importante en los libros de un negocio. Teniendo esto en cuenta, se debe pensar también en que en un país que aún está en pleno desarrollo, las oportunidades de ahorro por cadena de suministros son aún más que las que se pueden presentar en un país más desarrollado, en el que los métodos de ahorro han sido optimizados y dejan poco margen de mejora(ej: EE.UU.).

Para el empresario Colombiano es importante una investigación como ésta ya que puede aportar una visión mucho más clara de un tema importante y no muy entendido por el empresario Colombiano debido a su novedad. Es importante para el país porque ayuda a crear empresa rentable y competitiva a nivel mundial tanto como Nacional, lo cual aumenta el bienestar social y económico en el país.

El ingeniero industrial, encuentra vital importancia en este tema debido a que recae en el la responsabilidad de dar un manejo adecuado a la logística. Como todo tema novedoso, la logística, y la cadena de abastecimiento en específico, requiere que el profesional capacitado para dar un oportuno manejo al proceso se también capaz de volverlo una herramienta competitiva e innovadora.

Es por esto mismo que el tema cobra importancia en el ámbito personal. Debido a que es un tema novedoso tengo la oportunidad única de sobresalir siendo un “pionero” en éste tema, ya que por mi formación como ingeniero industrial tengo un entendimiento privilegiado del mismo y cuento con las herramientas para innovar y mejorar la aplicación y administración de la CDS en Colombia. Esto me entrega la oportunidad de sobresalir de diversas formas; ya sea mejorando y administrando la cadena de suministro en un negocio existente, hacer un montaje de la CDS para un negocio propio o desenvolverse como consultor en el tema, etc.

Finalmente, el valor agregado del proyecto, es presentar un modelo genérico de simulación continuo para gestionar la cadena de suministro en productos alimenticios, el cual valga como ejemplo y referencia para empresas distribuidoras de este tipo de productos en Colombia. Dándoles así la posibilidad de aumentar su eficiencia y su capacidad de respuesta ante la variabilidad en la demanda

del mercado, tiempos de espera, etc.; logrando alinear a la compañía con su estrategia competitiva y la estructura que da a su cadena de abastecimiento.

2.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar la cadena de suministros para una empresa del sector de distribución de alimentos y bebidas

2.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Establecer algunas oportunidades derivadas de los TLC vigentes para una empresa de distribución de alimentos y bebidas.
- Identificar los actores que participarían en la cadena de suministros y sus roles y relaciones.
- Elaborar y validar un modelo que permita comprender la estructura dinámica de una cadena de suministros para el sector de alimentos y bebidas.
- Evaluar el desempeño de la cadena propuesta mediante simulación virtual en diferentes escenarios.

2.2 ANTECEDENTES

A partir de la investigación de Jay Forrester en 1968 para MIT y con la aparición del modelaje computacional para los sistemas dinámicos, el mundo empresarial ha adoptado una tendencia por querer resolver los problemas que aparecerán con anticipación y optimizar procesos antes de comenzar sus operaciones. Esto sólo es posible a través de un análisis profundo de cada elemento que hace parte de la estructura del negocio. Es decir, en el caso de la cadena de abastecimiento se debe analizar cada elemento en materia de demanda esperada, tiempo de espera estimado, flujo de materiales, etc. Es entonces entendible cómo un modelo simulado puede dar a la administración de la cadena una alternativa sencilla y rápida para lograrlo de manera extensiva y con menor complejidad.

En base a esto y a los objetivos establecidos en el presente trabajo anteriormente, se encontraron los siguientes antecedentes de estudios con objetivos y procedimientos similares.

En su modelo de dinámica de sistemas para un trabajo sobre la cadena de abastecimiento de la granadilla en Cundinamarca, Colombia. Huertas, Clavijo & Buitrago hablan de un estudio sobre la cadena productiva entera de la granadilla. En el cual se implementa un modelo de dinámica de sistemas para poder establecer las variables que afectan la productividad y efectividad de la misma.

Se identifican en base al modelo las condiciones necesarias para mejorar, que son de ayuda para determinar la utilidad por área bajo condiciones estables de clima, PH, plagas, humedad, etc. Bajo los gráficos otorgados por los resultados hallados se implementa el uso del sistema formulado en base al modelo de dinámica de sistemas utilizado en el trabajo.

El trabajo se enfoca en la la modelación y simulación de la cadena productiva de la granadilla, desde su producción hasta el consumidor final, de la misma manera en la que se enfocará el trabajo expuesto a continuación. Aunque la granadilla no es un alimento no perecedero, la metodología del trabajo que presentan los autores es la misma para la cadena de abastecimiento diseñada a en el presente trabajo. Se identifican los actores principales de la cadena para el alimento descrito (primarios, servicios, comercializadores y distribuidores), se realiza un estudio de la producción y comercialización de la granadilla en Colombia, se hace el diagrama causal de la estructura y se elabora el diagrama de forrester en el software stella (el cual es el homólogo del software IThink para Mac) para así llegar al modelo de dinámica de sistemas.((Huertas, Clavijo, & Buitrago, 2011)

Más concretamente, Kumar & Nigmatullin, elaboran un trabajo en el que se basa en la industria de bebidas y alimentos no perecederos, tratando temas como la comercialización y venta del producto. Teniendo en cuenta que la industria se aprovisiona de la cadena de abastecimiento de los artículos alimentarios, los autores recurren a un estudio para “investigar el impacto de la variabilidad de la demanda y tiempo de espera sobre el desempeño de la cadena de abastecimiento de alimentos no perecederos que opere en un mercado monopolístico , a través de un análisis de dinámica de sistemas.” (Kumar & Nigmatullin, 2011)

En su informe los autores tratan varias etapas de la cadena, junto con las actividades asociadas a ellas que son trasladadas a los módulos de inventario correspondientes a cada etapa (manufactura, distribución, detallistas y consumidores). El modelo es basado en el flujo continuo de inventario a través de la cadena y la cadena de abastecimiento caracterizada consiste de tres etapas – Detallistas, distribuidores y productores.

“Los componentes más relevantes de la cadena de abastecimiento o “supply chain” de alimentos son los “lead times” ó tiempos de espera, demanda, proveedores, distribuidores, “retailers” ó detallistas, ubicación de las bodegas de inventario y el hecho de que se manejen mercados monopolísticos. Elementos como el cambio de demanda en el nivel de detallistas afecta la cadena de abastecimiento del producto y ésta sufre cambios debido a la aparición de nuevos competidores, la inflación, etc. La demanda en el nivel de distribución y manufactura se ve afectada por factores como la variabilidad del tiempo de espera (lead time), falta de comunicación efectiva entre niveles y los patrones de demanda del consumidor final.” (Kumar & Nigmatullin, 2011)

El objetivo del trabajo de Kumar & Nigmatullin es entonces elaborar una herramienta de simulación en dinámica de sistemas con el software iThink que permita evaluar estos factores de variabilidad que afectan la demanda esperada y los lead times de manera que se logre optimizar la cadena de abastecimiento.

Sahraeian R. ,Moslemi y Jafarinasab investigan los efectos de los tiempos de espera en la estructura de la cadena de suministro cuando existe variabilidad de la demanda. Los autores entonces utilizan

la simulación de dinámica de sistemas para estudiar el comportamiento entre las relaciones de cada elemento de la cadena. Para este estudio se considera la demanda como uno de los más importantes parámetros que afectan el funcionamiento de la cadena misma. Los resultados del informe muestran como los tiempos de espera afectan considerablemente el comportamiento de toda la estructura.

Se llega a la conclusión que en una cadena de suministro con alto índice de variabilidad, la coordinación de los tiempos de espera toma gran importancia. Los resultados muestran que cuando la demanda de la cadena sigue una distribución uniforme, los tiempos de espera lo deberían hacer también para correr una cadena de suministros balanceada. Se simula la cadena en Vensim y se trata de probar la importancia de la variabilidad de la demanda y el efecto que esta tiene sobre los tiempos de espera y estos sobre el funcionamiento de la estructura. (Jafari Nasab, Sahraeian, & Moslemi, 2012)

En todos los antecedentes citados, se cuenta con una modelación en dinámica de sistemas para el manejo de la cadena de suministros o en fin para su diseño o caracterización. Se encuentra en cada antecedente un claro enfoque a la importancia que toma la variabilidad de la demanda y los efectos que los tiempos de espera en cada etapa de la cadena pueden tener sobre el comportamiento final de la misma.

2.3 MARCO DE REFERENCIA

2.3.1 LA CADENA DE ABASTECIMIENTO

Las cadenas de suministros son una secuencia de procesos y flujos que tienen lugar dentro y fuera de la empresa y entre diferentes etapas que se combinan para satisfacer las necesidades de los clientes. Los enfoques para observar los procesos son de ciclo y de empuje/tirón (push/pull). En el enfoque de ciclos los procesos se dividen en serie de ciclos, cada uno se realiza entre dos etapas sucesivas de una cadena de suministros, como por ejemplo clientes y almacenes. El enfoque del proceso de empuje y tirón depende, de si los procesos son ejecutados en respuesta a un pedido del cliente o en anticipación a éste. Según sea la empresa, se utilizan diferentes combinaciones de enfoque en los procesos para la cadena de abastecimiento (Chopra & Meindl, 2008).

En pocas palabras, la cadena de abastecimiento se encarga de todos los procesos que se encuentran entre las negociaciones y contacto con los proveedores, pasando por la fabricación, hasta llegar a la venta y distribución del producto final.

2.3.2 LA CADENA DE ABASTECIMIENTO EN DINÁMICA DE SISTEMAS

Frecuentemente, Forrester y Sterman, comparan la cadena de suministro con un avión operado por pilotos. “Forrester frecuentemente pregunta ¿Quién es la persona más importante durante un vuelo comercial? La respuesta a menudo es “el piloto”. En realidad, el personaje más importante son los diseñadores del avión.” (Sterman, 1989)

Tal cual como se presenta en un avión, en donde las decisiones de los pilotos se ven influenciadas por el funcionamiento de la nave y cómo esta ha sido diseñada, en la cadena de suministro, los diseñadores son aquellos que planean las decisiones estratégicas y tienen influencia sobre cómo los actores en la cadena toman decisiones.

Sergio Ramírez Echeverri describe la relación entre la dinámica de sistemas y la cadena de abastecimiento según las ideas de Jay W. Forrester en su libro *Dinámica Industrial* inicialmente publicado en 1961. Existe una fuerte relación entre el surgimiento de la tecnología digital con la aplicación de dinámica de sistemas en la CDS y su análisis profundo.

“Con la aparición de los computadores digitales y la dinámica de sistemas el profesor Jay W. Forrester del Massachusetts Institute of Technology; publicó el libro *Industrial Dynamics*, en el año 1961 y luego se publica una versión de *Dinámica Industrial* en el año 71 (Forrester, 1971). Forrester es el primero en formalizar la dinámica de sistemas en problemas de la administración de la cadena de abastecimiento. En el libro “*Dinámica Industrial*”, Forrester describe un modelo de un sistema de producción – distribución en términos de seis flujos que interaccionan entre sí: información, materiales, órdenes, dinero, fuerza laboral y equipos. El modelo se hace con una fábrica, una

bodega, un distribuidor y un minorista. Basado en este modelo, Forrester investiga los temas relacionados con la cadena de abastecimientos, como por ejemplo los cambios en la demanda del cliente que generan oscilaciones en los inventarios de los diferentes actores y muestra la amplificación del fenómeno, desde el minorista hasta la fábrica y cuál es el impacto de las tecnologías de información en los procesos administrativos. Especialmente se centra en el carácter de la realimentación de la información (Feedback) en el sistema industrial, y usa un modelo para el planeamiento de la organización en una forma perfeccionada y se refiere a las variaciones de las variables utilizadas, a través del tiempo, para analizar la estructura de la organización, la amplificación de las órdenes y las demoras (de decisiones y acciones); lo anterior, con el fin, tanto de mejorar la toma de decisiones relacionada con los aspectos estratégicos y tácticos, como para ayudar en la ejecución automática de un juicio de valor (Forrester, 1971).” (Echeverri, 2010)

La utilización de la teoría general de dinámica de sistemas en un sistema tan complejo como la cadena de suministros es una ayuda formidable a la hora de analizar resultados y a partir de éstos tomar decisiones estratégicas y de estructura.

2.3.3 DINÁMICA DE SISTEMAS

“Más formalmente hablamos de un sistema como de un objeto dotado de alguna complejidad, formado por partes coordinadas, de modo que el conjunto posea una cierta unidad, que es precisamente el sistema. Así, hablamos del sistema planetario, formado por los planetas unidos mediante las fuerzas gravitatorias; de un sistema económico, formado por agentes económicos, relacionados entre sí por el intercambio de bienes y servicios; de un sistema ecológico, formado por distintas poblaciones, relacionadas mediante cadenas alimentarias o vínculos de cooperación; de una empresa, como sistema, en la que los distintos departamentos se coordinan en la organización empresarial; de una máquina, cuyas diferentes partes interactúan para lograr el fin para el que ha sido concebida.” (Aracil, 1995)

“El término dinámica lo empleamos por oposición a estática, y queremos con él expresar el carácter cambiante de aquello que adjetivamos con ese término. Al hablar de la dinámica de un sistema nos referimos a que las distintas variables que podemos asociar a sus partes sufren cambios a lo largo del tiempo, como consecuencia de las interacciones que se producen entre ellas. Su comportamiento vendrá dado por el conjunto de las trayectorias de todas las variables, que suministra algo así como una narración de lo acaecido al sistema.” (Aracil, 1995)

Javier Aracil define la dinámica de sistemas de forma que relaciona la definición del sistema con la definición de la dinámica. Dando así con una definición de la visión de Forrester acerca de la dinámica de sistemas en 1968.

“A llegado el momento en el que conceptos y principios definidos de manera más específica forman una “columna vertebral” en la educación del manejo de un sistema, para interrelacionar las diferentes áreas funcionales y evolucionar de un entendimiento estático de sistemas a uno dinámico. De modo que se cierre la brecha entre lo que se enseña hoy en día como parte del manejo de un

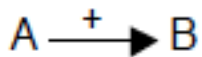
sistema y lo que el gerente o persona a cargo del mismo debe entender si a de ser exitoso en la complejidad creciente de nuestra sociedad.” (Forrester, 1968)

2.3.4 DIAGRAMAS CAUSALES

“El conjunto de las relaciones entre los elementos de un sistema recibe la denominación de estructura del sistema y se representa mediante el diagrama de influencias o causal” (Aracil, 1995)

Un diagrama causal consiste en la relación que existe entre las variables que conforman la estructura del sistema descrita anteriormente, estas relaciones se denominan “relaciones causales”. Cuando se refiere a relaciones causales se hace alusión al efecto que tiene la modificación o variabilidad de uno de los elementos sobre los otros elementos a los cuales está conectado ó relacionado.

“En su forma más simple el diagrama de influencias está formado por lo que se conoce como un grafo orientado. A las flechas que representan las aristas se puede asociar un signo. Este signo indica si las variaciones del antecedente y del consecuente son, o no, del mismo signo. Supongamos que entre A y B existe una relación de influencia positiva.



Ello quiere decir que si A se incrementa, lo mismo sucederá con B; y, por el contrario, si A disminuye, así mismo lo hará B. Por otra parte, si la influencia fuese negativa a un incremento de A seguiría una disminución de B, y viceversa. De este modo, asociando un signo a las relaciones de influencia, se tiene un diagrama que suministra una información más rica sobre la estructura del sistema.” (Aracil, 1995)

En base a estas relaciones negativas o positivas

Los diagramas causales permiten entonces formular hipótesis más acertadas sobre el comportamiento del sistema y comunicar y modificar relaciones de manera que se manipule el comportamiento del sistema y por lo tanto sus resultados.

2.3.5 DIAGRAMAS DE FORRESTER

“El diagrama de Forrester es una representación simbólica de las variables de nivel, flujo y auxiliares de un diagrama causal una vez identificadas y constituye un paso intermedio entre el diagrama causal y el sistema de ecuaciones diferenciales de primer orden que le corresponde.” (Universidad de Málaga)

Los elementos principales del diagrama de Forrester incluyen:

- Variables de Flujo: Su función es la de arrastrar flujos de una variable de nivel a otra. Con el flujo se aumenta o disminuye el stock de una variable y otra. Las variables de flujo se manejan en unidad por unidad de tiempo.
- Variables de Nivel: En pocas palabras son los almacenamientos dentro del sistema dinámico a tratar. La cantidad de unidades que estas conllevan dependen directamente de las variables de flujo relacionadas a las mismas.
- Variables Auxiliares: Son las variables que están elaboradas con funciones que modifican los datos de entrada y entregan unos datos de salida diferentes. También se utilizan con el fin de representar valores constantes para el modelo, como entradas externas o para ingresar funciones gráficas.
- Los Conectores: Son los encargados de crear las relaciones causales existentes entre las diferentes variables de la estructura del sistema dinámico.

2.3.6 SOFTWARE ITHINK

“Ithink ofrece una manera sin riesgos de tomar decisiones que generan el mejoramiento de las empresas.

Ithink es un guía para las empresas y equipos de trabajo en la creación de modelos que simulan procesos de negocios y diferentes escenarios de los mismos; señalando a la vez los impactos de un nuevo procedimiento o política y ofrece la oportunidad de mejorar los resultados no deseados. Basados en el pensamiento sistémico, los modelos creados con iThink sirven como práctica para la realidad en un negocio.

El software entrega una vista general de todas las operaciones en el sistema formulado. Esta vista es basada en el modelaje dinámico y en el pensamiento sistémico; cada parte del sistema es incluido y puede ser analizado o cambiado, en el orden que se desee.” (IseeSystems)

3. METODOLOGÍA

3.1 INVESTIGACIÓN DE OPORTUNIDADES PRESENTADAS POR LOS TLC

Para establecer las oportunidades que pueden presentar los TLC firmados por Colombia, se deben seguir los siguientes pasos:

- Se identifican los TLC firmados y en actual vigencia.
- Se estudian las secciones de desgravación arancelaria de cada TLC.
- En base al punto anterior se escogen los 3 TLC que podrían presentar mejores oportunidades de importación.
- Se especifican cuales son los productos más interesantes de éstos 3 TLC y se presenta información que justifique porqué lo son.

3.2 REALIZACIÓN MODELO DE SIMULACIÓN

La realización del modelo de simulación en dinámica de sistemas consta de 5 diferentes fases, descritas por John Sterman en “Business Dynamics, Systems thinking and modelling for a complex world” (Sterman, 2000) y luego repetidas por Morecroft en “Strategic Modelling and Business Dynamics: A feedback systems approach” (Morecroft, 2007). Estos pasos se repiten en diversas bibliografías acerca de la modelación en dinámica de sistemas. Las 5 diferentes etapas son la articulación del problema, hipótesis del modelo, formulación, pruebas y finalmente el diseño de las políticas y la evaluación del modelo.

- **Articulación del problema:** Se realiza un estudio del problema a tratar que permita al elaborador identificar el problema que se quiere resolver. En este paso se debe responder a las preguntas: ¿Cuál es y porqué es este el problema? ¿Qué variables claves se deben considerar? ¿Que horizonte de tiempo se tiene? Y ¿Qué referencias se tienen del problema?
- **Hipótesis del modelo (hipótesis dinámica):** En esta etapa se debe realizar un modelo preliminar del sistema a tratar que contenga las variables involucradas, utilizando las herramientas expuestas en el marco de referencia de este trabajo. Este paso debe contestar cuales son las teorías actuales del tema tratado.
- **Formulación:** Con base en la hipótesis dinámica del paso anterior, se debe formular el modelo real con todos los procesos que este contiene y las funciones que utilizará. Se especifica la estructura de la cadena y la dinámica de las decisiones. Se estiman parámetros, relaciones causales y las condiciones iniciales.

- Pruebas: Se corre el modelo para probar su correcto funcionamiento y en caso de inconsistencias se corrigen los errores. Durante la etapa de pruebas se debe asegurar que el modelo se comporte adecuadamente con respecto a los objetivos y que el modelo opere de una manera realista. Finalmente se debe identificar cómo se comporta el modelo dadas condiciones de variabilidad de los parámetros, de las condiciones iniciales y agregación.
- Políticas de evaluación y formulación: Para cuando se llega a esta fase se estima que el modelo ya funcione con capacidad de identificar los problemas. Es aquí donde se ensayan nuevas políticas de operación y se simulan para encontrar el modelo óptimo

4. INVESTIGACIÓN DE TRATADOS DE LIBRE COMERCIO FIRMADOS POR COLOMBIA

Actualmente Colombia dispone de una amplia variedad de tratados ó acuerdos de libre comercio (TLC) firmados. Actualmente los países involucrados en tratados firmados con Colombia son México, El Salvador, Guatemala, Honduras, Chile, Canadá, Estados Unidos, Cuba, Nicaragua, los estados miembros de la Unión Europea, existe también un acuerdo con la región Mercosur que incluye a Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. También existen acuerdos firmados con dos de los cuatro países miembros de la Asociación Europea de Libre Comercio (AELC): Suiza y Liechtenstein. Existe un acuerdo parcial con Venezuela y un acuerdo vigente con la Comunidad del Caribe (CARICOM). Actualmente, existen también acuerdos suscritos con Corea, Panamá, Costa Rica, Israel y los países miembros de la Alianza del Pacífico. Vale la pena aclarar que los acuerdos suscritos no han entrado en vigencia ya que aún no ha llegado la fecha a partir de la cual comienza su vigencia.

En base a los TLC firmados anteriormente discutidos, se pueden detectar diferentes oportunidades derivadas de los tratados que pueden ser interesantes para una empresa del sector de alimentos y bebidas. A continuación se discuten algunos productos que generan cierta ventaja a la hora de ser importados al país por su situación arancelaria (sea esta nula o baja). También se busca definir el porqué es interesante el producto a demás de los aranceles conectados a este, entre estas razones se pueden encontrar temas como relación a la industria alimentaria, la importancia del producto en Colombia y el país del cual se importará, ya que dependiendo del TLC discutido varían las especificaciones del tratado en cuanto a la desgravación arancelaria del producto.

A continuación se hace entonces una breve descripción de los TLC que pueden ser más importantes para una empresa del sector en Colombia y los productos que en base a ellos puedan resultar interesantes.

Se puede decir que en materia de alimentos y bebidas los TLC más interesantes son los firmados con Canadá, Estados Unidos y Chile. Perú, México, Brasil y Argentina también presentan oportunidades atrayentes pero con ánimos de depurar la lista se encuentran más llamativos los 3 mencionados. Se decidió investigar de manera más extensa estos 3 acuerdos mencionados ya que son los que representan mejores condiciones de importación para los productos alimentarios de interés.

4.1 CHILE

Chile es un país reconocido entre muchos otros productos por sus frutas frescas, secas ó deshidratadas. Entre los frutos más representativos Chilenos se encuentran las ciruelas, manzanas, uvas (famosas por la producción de vino chileno) y las almendras o nueces con o sin cáscara. Aunque Colombia también es un país reconocido por sus frutas, se debe tener en cuenta que la

producción Colombiana de frutas consiste esencialmente de frutas tropicales debido a que es un país sin estaciones climáticas.

Según el capítulo 3 “Comercio de Mercancías”, Artículo 3.4: Restricciones a la Importación y a la Exportación, del TLC firmado entre Colombia y Chile, se especifica:

“1. Salvo que se disponga otra cosa en este Acuerdo, ninguna Parte podrá adoptar o mantener ninguna prohibición ni restricción a la importación de cualquier mercancía de la otra Parte o a la exportación o venta para exportación de cualquier mercancía destinada al territorio de la otra Parte, excepto lo previsto en el Artículo XI del GATT 1994, incluidas sus notas interpretativas. Para tal efecto, el Artículo XI del GATT 1994 y sus notas interpretativas se incorporan en este Acuerdo y son parte integrante del mismo, mutatis mutandis.” (Tratado de libre comercio Colombia-Chile, 2009)

Debido a que ninguna mercancía a ser comercializada entre los dos países recibe algún tipo de restricción arancelaria se consideraron interesantes las siguientes oportunidades de importación. Con base en un estudio de mercado realizado por la oficina comercial de ProChile en Bogotá, podemos decir que en el país se experimenta una insatisfacción hacia los productos importados recientemente mencionados en materia de alimentos tipo “snack”; como lo son las almendras, uvas, manzanas y ciruelas secas. Debido a esto existe un gran potencial para la importación y aceptación del mercado Colombiano hacia los productos chilenos, debido a su excelente nivel de calidad y atributos alimenticios únicos. Los alimentos tipo “snack” son aquellos que se consumen en pequeñas cantidades como un aperitivo o como acompañantes de otro alimento o bebida. (ProChile, 2011)

Se debe decir que todos estos productos por ser importados desde Chile tienen 0% arancel, pero si se ven expuestos al Impuesto de Valor Agregado (IVA) las ciruelas y manzanas secas. El IVA no aplica para las almendras tanto como para las uvas secas (en las que se incluyen las pasas morenas). Otro producto Chileno que podría caer en la categoría de “snacks” pero en realidad es considerado un alimento gourmet son las avellanas. Estas representan una posibilidad de importación interesante ya que también poseen un valor arancelario de 0%.

Cabe aclarar que el tipo de alimentos mencionados anteriormente son de especial importancia para un negocio donde se vendan alimentos y bebidas, ya que sirven de acompañantes tanto para platos fuertes como para bebidas tomadas solas.

Además de los “snacks” (frutos secos) también es una posibilidad interesante de importación a Colombia el vino Chileno, debido a que no posee ningún tipo de costo arancelario. Se puede ver que éste podría ser un producto importante para importar si se combinan los hechos de que el alcohol posee gran parte de las ventas de un negocio involucrado en la venta de alimentos y bebidas, que Colombia no es un país productor de vinos de calidad debido a su posición geográfica, la excelente calidad de vinos que posee la producción Chilena y que la cultura vinífera en Colombia ha venido en alza los últimos años como lo muestra la siguiente tabla extraída de un estudio de mercado corrido por la oficina comercial de ProChile en Bogotá. (ProChile, 2012)

Tabla 1 : Importación de vino en Colombia

COLOMBIA: Importación de vino de uvas frescas (Código 2204.21.00.00)								
No.	PROVEEDOR	Dólar Estadounidense (US\$) - CIF			% PARTICIPACION			% CAMBIO
		AÑO 2009	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2009	AÑO 2010	AÑO 2011	
1	CHILE	16.360.196	16.999.780	20.583.245	52,4	53,9	52,6	17,4%
2	ARGENTINA	7.805.672	8.290.977	10.127.991	25,0	26,3	25,9	18,1%
3	ESPAÑA	3.973.865	2.964.730	4.247.319	12,7	9,4	10,8	30,2%
4	FRANCIA	1.366.358	1.234.083	1.727.994	4,3	3,9	4,4	28,5%
5	ESTADOS UNIDOS	489.223	773.143	848.505	1,5	2,4	2,1	8,8%
6	OTROS PAISES	1.199.772	1.256.863	1.535.607	3,8	3,9	3,9	18,1%
7	TOTAL IMPORTACIONES	31.195.085	31.519.575	39.070.661	100	100	100	19,3%

Fuente. www.sicex.com

Nota: Fuente: (ProChile, 2012)

4.2 CANADÁ

Para Canadá se pueden considerar interesantes los siguientes productos debido a lo especificado en el artículo iii. Contingentes Arancelarios de la sección C: Lista Arancelaria de Colombia para mercancías agrícolas del Anexo 203: Eliminación Arancelaria del Tratado de Libre Comercio firmado entre Colombia y Canadá. Con base en la siguiente información podemos ver productos alimenticios que pueden entrar al país desde Canadá sin necesidad de pagar impuestos arancelarios. En la anterior información se encontró también la cantidad de cada alimento que puede entrar al país libre de arancel a partir del primer año en que el acuerdo entra en vigencia (2011) y hasta doce años en adelante. Lo más importante es que para cada alimento se ha firmado un plan de eliminación total de aranceles a partir del cumplimiento del período de desgravación que cumple con cero porciento de arancel desde el momento en que el acuerdo entra en vigencia para la carne de bovino en cortes industriales, finos y despojos, cero arancel para los fríjoles y una desgravación arancelaria de 4% anual desde el año en que el acuerdo entra en vigencia para la carne de porcino (esta comienza con un arancel de 20%). (Tratado de libre comercio Colombia-Canadá, 2008)

4.3 ESTADOS UNIDOS

Con Estados Unidos se firma quizás el tratado de libre comercio con más oportunidades de crecimiento para las importaciones de alimentos en Colombia. A partir de Enero de 2012 el TLC con Estados Unidos entró en vigencia y a partir de este año comienza a operar lo acordado en el acuerdo.

Según el Artículo 2.3: Eliminación Arancelaria, de la Sección B: Eliminación Arancelaria del Capítulo 2: Trato Nacional y Acceso de Mercancías al Mercado del Acuerdo de Promoción Comercial entre Colombia y los Estados Unidos se sabe que:

“1. Salvo disposición en contrario en este Acuerdo, ninguna Parte podrá incrementar ningún arancel aduanero existente, o adoptar ningún arancel aduanero nuevo, sobre una mercancía originaria.

2. Salvo disposición en contrario en este Acuerdo, cada Parte eliminará progresivamente sus aranceles aduaneros sobre las mercancías originarias, de conformidad con su Lista de Desgravación del Anexo 2.3.” (Tratado de libre comercio Colombia-Estado Unidos, 2006).

Según los anexos y las listas descritas en el artículo anterior, sabemos que la importación de productos que pueden beneficiar a una empresa del sector de alimentos y bebidas en Colombia serían los siguientes. Todos los productos agrícolas y NO agrícolas se dividen en categorías de desgravación, es decir, cada tipo de producto tiene una característica de eliminación de aranceles propia dependiendo de la categoría donde haya sido ubicado.

De acuerdo con lo establecido en el Anexo 2.3 del Capítulo del Acuerdo de Libre Comercio entre Colombia y Estados Unidos, las categorías de desgravación para productos agrícolas operarán de la siguiente manera:

Mercancías Agrícolas (ámbito OMC):

- Categoría A: Desgravación Inmediata
- Categoría B: Cinco etapas anuales iguales.
- Categoría C: Diez etapas anuales iguales.
- Categoría D: Quince (15) etapas anuales iguales.
- Categoría H: Tres (3) etapas anuales iguales.
- Categoría L: Ocho (8) etapas anuales iguales
- Categoría M: Nueve (9) etapas anuales iguales.
- Categoría N: Doce (12) etapas anuales iguales.
- Categoría V: 37.5% de la tasa base año de entrada en vigor.

De los años 2 a 10 reducción en nueve etapas anuales iguales. Libres el 1° de enero del año diez.

Algunos ejemplos de los alimentos incluidos dentro de las categorías anteriormente mencionadas son:

- A: Carne de la especie bovina, fresca o refrigerada, en canales o medias canales.
- B: Leche condensada.
- C: Fríjoles cocidos al agua o vapor, congelados.
- D: Los demás azúcares de caña, en bruto, diferentes a la panela.
- H: Productos constituidos por los componentes naturales de la leche.
- L: Preparaciones de frijoles sin congelar
- M: Jarabe de glucosa
- N: Maíz blanco gigante
- T: Arancel Extra - cupo 0405.10.00.00 Mantequilla
- V: Arancel Extra - cupo 0201.20.00.00 Carne de bovino en cortes sin deshuesar: 37.5% de la tasa base año de entrada en vigor. De los años 2 a 10 reducción en nueve etapas anuales iguales. Libres el 1 de enero del año 10.

5. DINÁMICA DE LA GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO PARA UNA EMPRESA DE DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS Y BEBIDAS

5.1 . ARTICULACIÓN DEL PROBLEMA

Ante la creciente economía del país, el empresario se encuentra con la posibilidad de hacer uso de herramientas que ayuden a su empresa a crecer. Herramientas como los tratados de libre comercio, las crecientes demandas de productos diferentes e importados, etc. Cuando no hay un adecuado manejo de la cadena de suministros y no se entiende cómo funciona la misma, todas estas herramientas que pueden ser utilizadas como ventajas, se vuelven obstáculos y problemas.

Es por eso que con el modelo que se construye a continuación, se busca encontrar la forma adecuada de manejar la variabilidad de la demanda y los tiempos de espera en una cadena de suministros de alimentos y bebidas, a través de una metodología de dinámica de sistemas aplicada a la modelación. El modelo es un modelo genérico que permite al simulador encontrar los puntos críticos del sistema con la intención de que su análisis sirva para tomar mejores decisiones y formular una estructura de toma de decisiones más eficiente para el sistema genérico.

5.2 HIPÓTESIS DEL MODELO

El modelo formulado es un modelo genérico, por lo cual se decide tomar en cuenta sólo valores ficticios con un enfoque claro a las oportunidades brindadas por los TLC anteriormente nombradas. La estructura general del sistema considera cinco etapas importantes: Proveedor, Fabricante, Distribuidor, Detallista y Consumidor.

• **Proveedor:** Para este caso, la etapa sólo considera las ventas del proveedor. Las cuales son directamente proporcionales a los pedidos que el fabricante coloca.

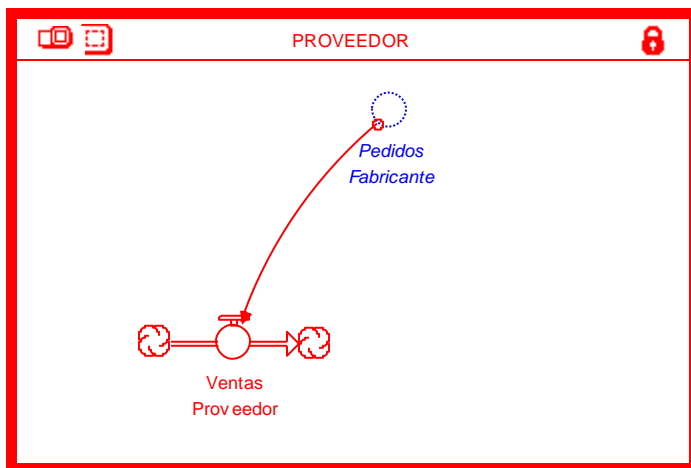


Figura 1: Representación Proveedor

• **Fabricante:** Se encarga de transformar la materia prima que recibe del proveedor en el producto terminado, según los requerimientos del detallista. Como principales características y al igual que las siguientes dos etapas de distribuidor y detallista, la etapa del fabricante analiza la capacidad de cumplir con los lead time propuestos y responder ante una demanda variable.

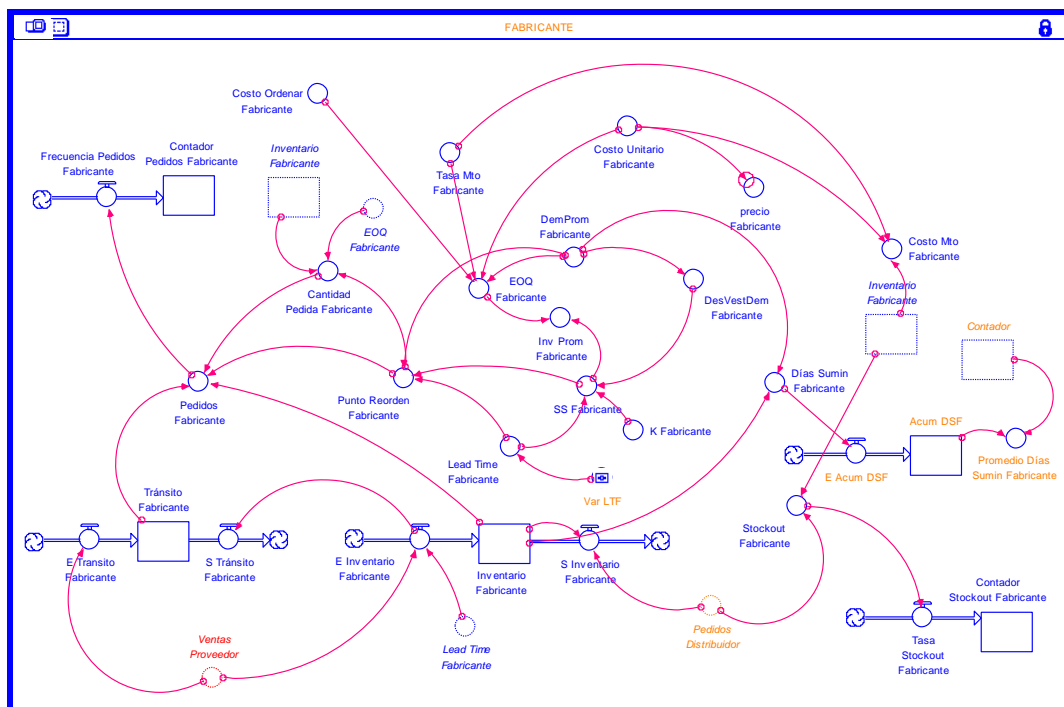


Figura 2: Representación Fabricante

• **Distribuidor:** Es la razón de ser del presente trabajo. Esta etapa tiene en cuenta de primera mano la oferta del producto por parte del fabricante y la demanda por parte del detallista, el cual le vende directamente al consumidor. El distribuidor cumple con la tarea de hacer llegar el producto a los puntos de venta desde la fabricación del mismo.

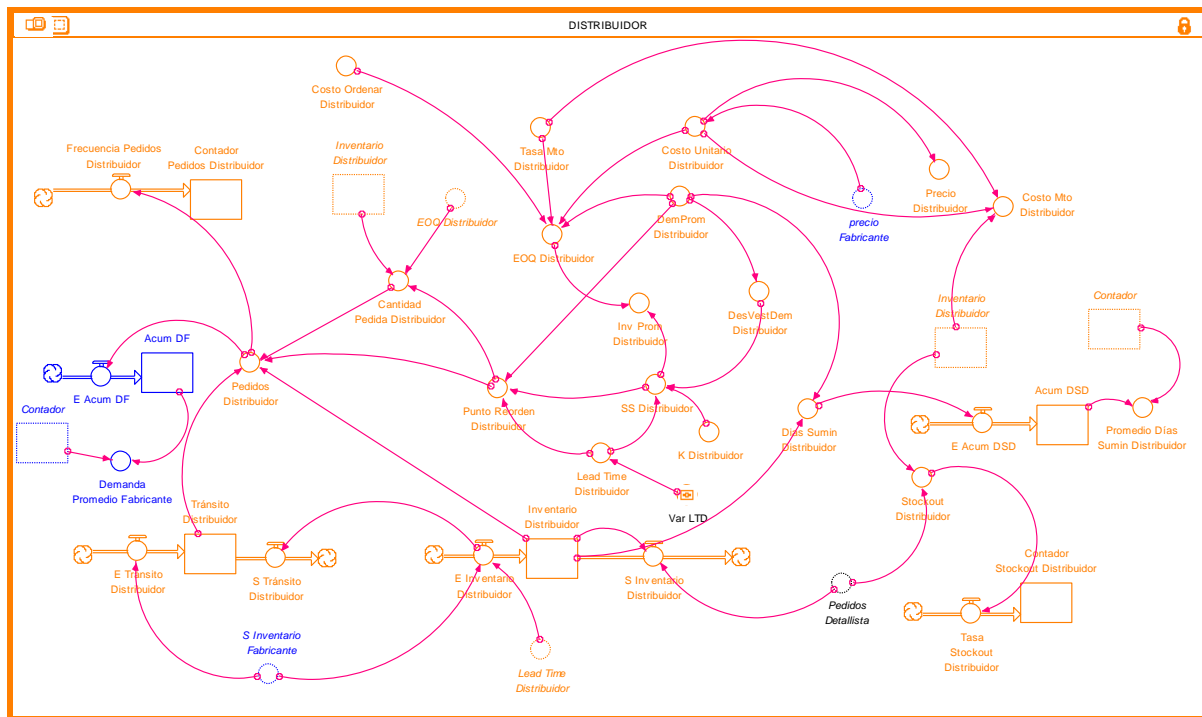


Figura 3: Representación Distribuidor

• **Detallista:** En la etapa del detallista es donde entra en juego por primera vez la demanda del consumidor. Dándole así al sistema la primera estimación de la demanda y las órdenes que se harán de pedidos creando así un efecto látigo a través de todo el sistema.

5.2.1 . MAPA CONCEPTUAL DEL SISTEMA

A continuación podemos ver las diferentes etapas de la cadena de abastecimiento y cómo se comunican los diferentes elementos de las etapas entre ellas. Es importante señalar cómo la variabilidad de la demanda en la etapa de la venta al consumidor crea un efecto látigo que afecta al fabricante y su demanda. También podemos ver como los ingresos dependen directamente de las órdenes que coloca la siguiente etapa de la cadena y cómo los lead time entre el momento de la orden y la entrega del producto afecta directamente a la demanda de la etapa anterior.

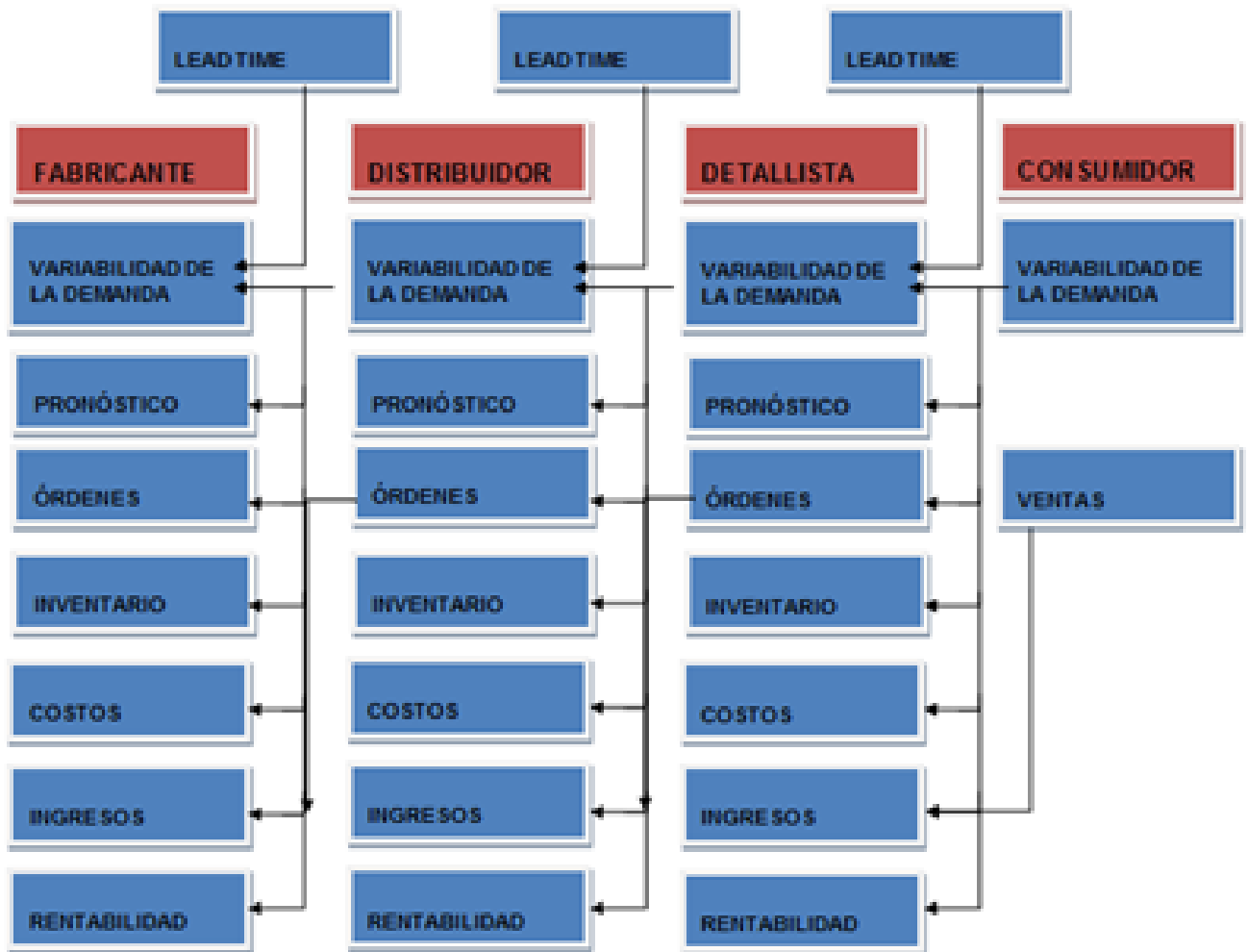


Figura 6: Mapa conceptual del sistema

5.2.2 VARIABLES DEL MODELO

En la siguiente tabla se hace una descripción de las variables más importantes que se utilizaron en las diferentes etapas del modelo.

Tabla 2: Variables Principales

ETAPA	VARIABLE	CARACTERÍSTICA
Consumidor	Demanda Consumidor	Se estima de una constante por medio de una distribución de Poisson
Detallista	E Inventario Detallista	Depende de la salida del inventario de la fase anterior (en este caso el distribuidor) y del lead time. En caso de no poder cumplir se presenta un retardo de 3 semanas
	Inventario Detallista	Actúa como contador de las unidades en inventario
	S Inventario Detallista	Esta variable busca satisfacer la demanda u orden de la siguiente etapa arrojando un valor igual al pedido o al inventario entero en caso de no poder satisfacer la demanda
	Pedidos Detallista	Si el pedido en tránsito y el inventario es menor al punto de re-orden esta variable pasa a pedir la cantidad propuesta en la cantidad pedida del detallista.
	Punto Detallista Reorden	Se calcula con base en la demanda promedio, el lead time y el stock de seguridad del detallista. Dependiendo de cuando SS haya y cuanto sea la demanda se decide el punto del inventario cuando se debe ordenar
	EOQ Detallista	Teniendo en cuenta la demanda, el costo de ordenar y de mantener el inventario, el EOQ calcula la cantidad óptima de unidades a ordenar
	Cantidad Detallista Pedida	Cuando el inventario es menor al punto de re-orden del detallista, esta variable hace un pedido del tamaño del EOQ.
	SS Detallista	Se calcula con base en el factor K, el lead time y la desviación estándar de la demanda del detallista

	Lead Time Detallista	Es una constante en días y es el tiempo que transcurre entre la orden y la entrega del pedido
Proveedor	Ventas Proveedor	Es directamente proporcional al número total de pedidos dentro de la orden del fabricante

Para los roles del distribuidor y el fabricante se toman en cuenta las mismas variables y funciones que hay para el detallista pero con valores diferentes para precios, costos, demandas, etc.

5.2.3 DIAGRAMA CAUSAL DEL MODELO

A continuación se presenta el diagrama causal de la estructura del sistema elaborada anteriormente. Cómo se explicó anteriormente en este estudio, el diagrama causal describe la relación entre las variables más importantes del sistema formulado y cómo estas se relacionan. El diagrama causal se elabora con la intención de tener claridad sobre las relaciones entre variables y entender los tipos de bucles que se generan, sean de refuerzo o de balance.

Cabe recordar que las relaciones entre variables son negativas o positivas. Una relación negativa es aquella que cuando una de las variables aumenta, la siguiente tiende a disminuir. Una relación positiva es aquella que ante el aumento de la primera variable la segunda también sufre un aumento. También es importante tener claridad sobre la diferencia entre un bucle de refuerzo y un bucle de balance. El bucle de refuerzo es aquel que no contiene relaciones negativas o tiene un número par de relaciones negativas. El bucle de balance es aquel que tiene un número impar de relaciones negativas, es decir, formando un bucle que a medida se incrementa una variable la siguiente se encarga de balancear las cargas.

En el siguiente diagrama podemos ver como el sistema consta de tres bucles principales y entre ellos las relaciones de las principales variables del modelo. Cada bucle principal representa la interacción de las variables primordiales de las tres etapas más importantes de la estructura: Detallista, distribuidor y fabricante. Cada relación entre las variables del primer bucle se repite en los otros dos pero con las variables correspondientes a la etapa de la estructura. De los comportamientos de las variables se puede observar lo siguiente en el diagrama causal a continuación:

- B1: Cuando el inventario del detallista aumenta, consecuentemente la salida del inventario del detallista disminuye, entregándonos así una relación negativa. De la misma forma, cuando aumenta la salida del inventario, el inventario tiende a disminuir. Se puede observar entonces una segunda relación negativa entre variables y de esta manera formando un bucle de refuerzo.
- B2: A medida que el inventario del detallista aumenta, la cantidad pedida del detallista disminuye dándonos así la única relación negativa del bucle B2. Las siguientes relaciones del bucle son todas positivas y se conectan de la siguiente manera: La cantidad pedida del detallista-los pedidos del

detallista-la salida del inventario del distribuidor (se puede ver como el volumen de ventas)-la entrada al inventario del detallista y cierra el bucle con el inventario del detallista.

- B3: También comienza con el inventario del detallista formando una relación negativa directamente con los pedidos del detallista. Las siguientes tres relaciones de este bucle son positivas, formando así un bucle de balance y se conectan de la siguiente manera: los pedidos del detallista-la salida del inventario del distribuidor-la entrada del inventario del detallista y cierra el bucle con el inventario del detallista.

- B4: Este bucle describe una relación positiva entre la entrada al inventario del detallista y la salida del tránsito del detallista (se puede analizar como las unidades en tránsito antes de llegar al inventario). Las siguientes relaciones son entre la salida de tránsito del detallista-las unidades en tránsito del detallista y los pedidos del detallista. Ambas son negativas, formando así un bucle de balance y conectando el B4 con los bucles B3 y B2.

- B5: Este bucle describe dos relaciones nuevas y positivas entre la salida del inventario del distribuidor-la entrada al tránsito del detallista (estas son las unidades próximas a transportarse) y el tránsito del detallista.

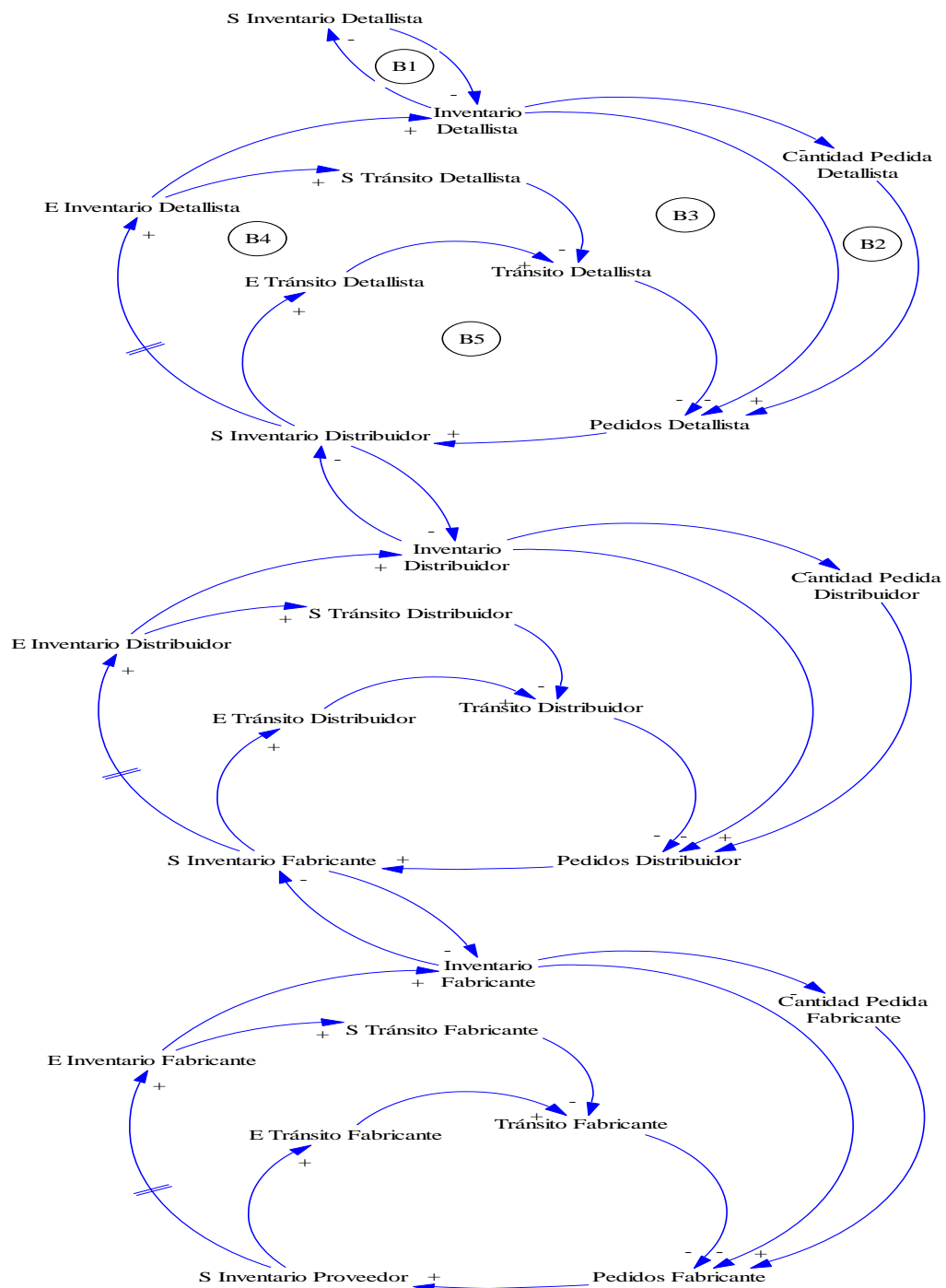


Figura 7: Diagrama Causal del Modelo

5.3 FORMULACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN

Se formula el modelo con unas condiciones iniciales de demanda promedio del consumidor de 1100 y se corre el modelo con la idea de llegar a un análisis que permita al modelista idear mejores decisiones a la hora del manejo de la cadena de suministros. Las siguientes variables tienen incidencia directamente sobre

5.3.1 ECUACIONES DEL MODELO

Demanda Consumidor

POISSON(DemProm_Consumidor)

E Inventario Detallista

DELAYN(S_Inventario_Distribuidor,Lead_Time_Detallista,3)

S Inventario Detallista

IF(Demanda_Consumidor>Inventario_Detallista)THEN(Inventario_Detallista)ELSE(Demanda_Consumidor)

Pedidos Detallista

IF((Tránsito_Detallista+Inventario_Detallista)<Punto_Reorden_Detallista)THEN(Cantidad_Pedida_Detallista)ELSE(0)

Punto Reorden Detallista

(DemProm_Detallista*Lead_Time_Detallista)+SS_Detallista

EOQ Detallista

$\text{SQRT}((2 * \text{DemProm_Detallista} * \text{Costo_Ordenar_Detallista}) / ((\text{Tasa_Mto_Detallista} / 365) * \text{Costo_Unitario_Detallista}))$

Cantidad Pedida Detallista

IF(Inventario_Detallista<Punto_Reorden_Detallista)THEN(EOQ_Detallista)ELSE(0)

SS Detallista

$\text{K_Detallista} * \text{DesVestDem_Detallista} * \text{SQRT}(\text{Lead_Time_Detallista})$

Ventas Proveedor

Pedidos_Fabricante

5.4 PRUEBAS

Para las pruebas del modelo se corre el mismo bajo diferentes condiciones emuladas en los siguientes punto y obteniendo los resultados que se muestran en los gráficos de esta sección. Para emular las diferentes pruebas se varían los datos de variabilidad de la demanda y de los lead times para cada etapa de la cadena de suministros con los siguientes niveladores mostrados en la figura 8. En esta misma figura podemos ver las métricas de desempeño que arroja el modelo para casos reales y en necesidad de resultados precisos.

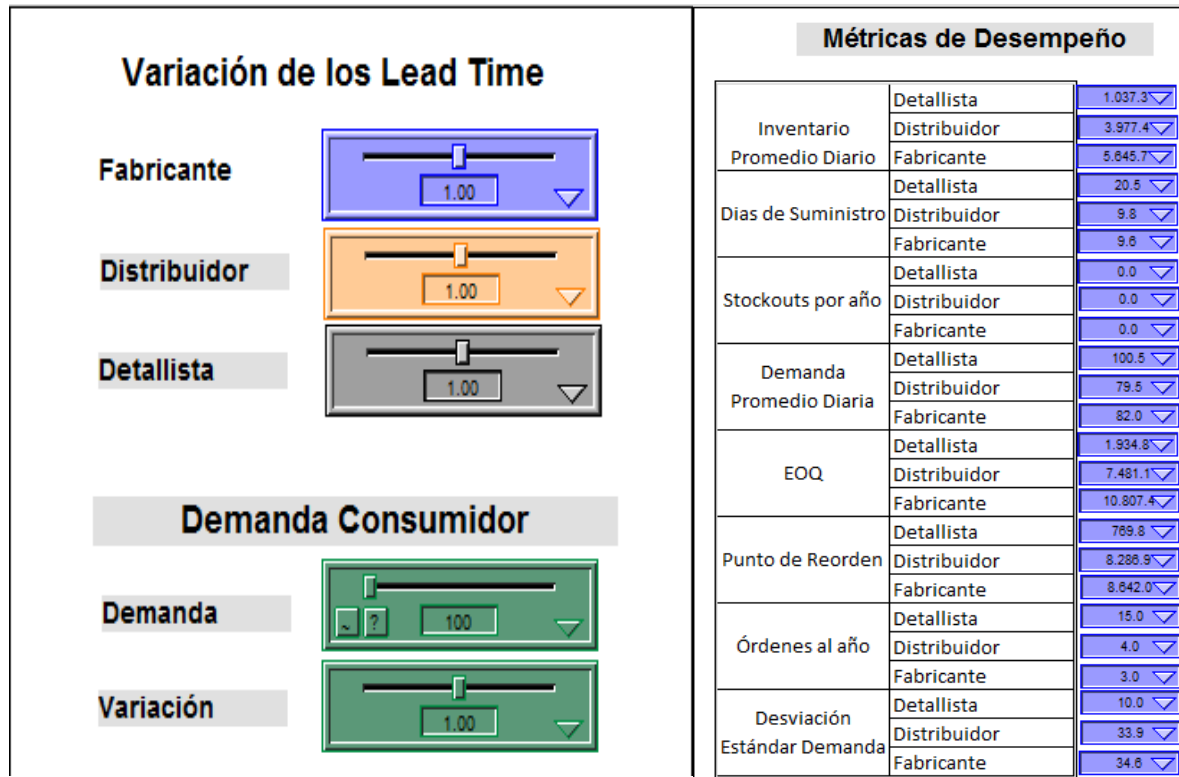


Figura 8: Niveladores de variabilidad y métricas de desempeño

La demanda puede tomar valores entre 100 y 10000 y puede variar entre 50% menos y 50% más de su valor inicial. De esta misma manera pueden variar los Lead Time para cada etapa de la cadena de abastecimiento. En las siguientes pruebas no se considera importante mostrar el resultado final de cada variable, es más importante entonces observar el comportamiento de los inventarios y como la variación de la demanda y lead times lo afecta en diferentes escenarios. De esta manera se llega a un modelo que permite evaluar diferentes circunstancias para una empresa dedicada a distribución de alimentos y bebidas.

- Se corre el modelo formulado bajo pruebas de normalidad, con una demanda del consumidor igual a 1100 unidades y sin variabilidad tanto en la demanda como en los lead times (obteniendo los siguientes resultados como se muestra en la figura 9).

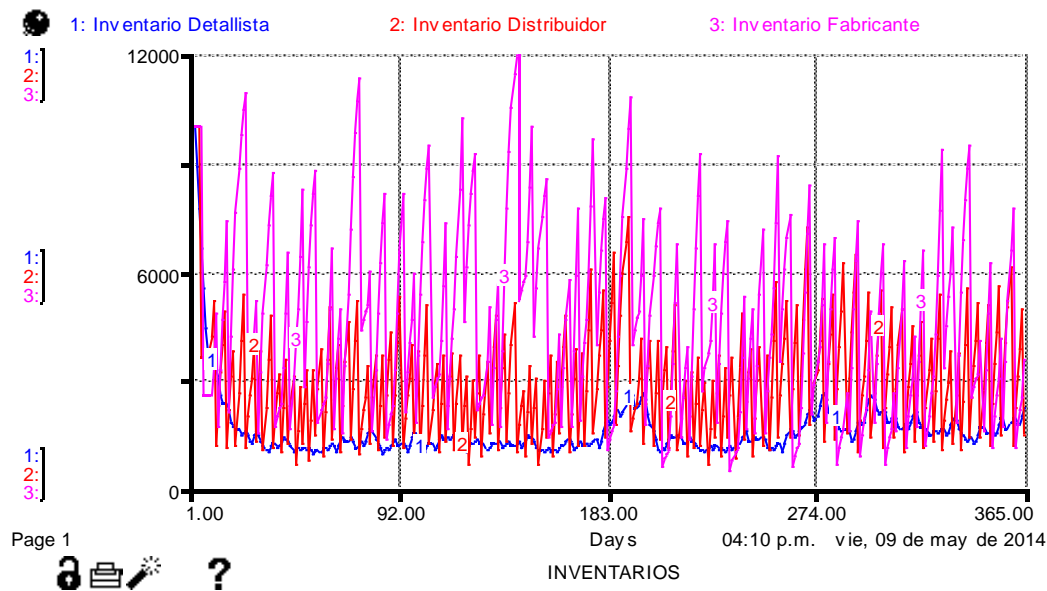


Figura 9: Gráfico prueba bajo condiciones normales

• Se corre el modelo bajo condiciones de demanda extremadamente alta en un nivel de 10000 unidades y demanda extremadamente baja en un nivel de sólo 100 (se obtienen los resultados en las figuras 10 y 11 respectivamente). Podemos ver como con el modelo diseñado se puede llegar a una estimación confiable del comportamiento de los inventarios cuando se presentan diferentes niveles de la demanda del consumidor y cómo se comporta la cadena con éste efecto látigo generado.

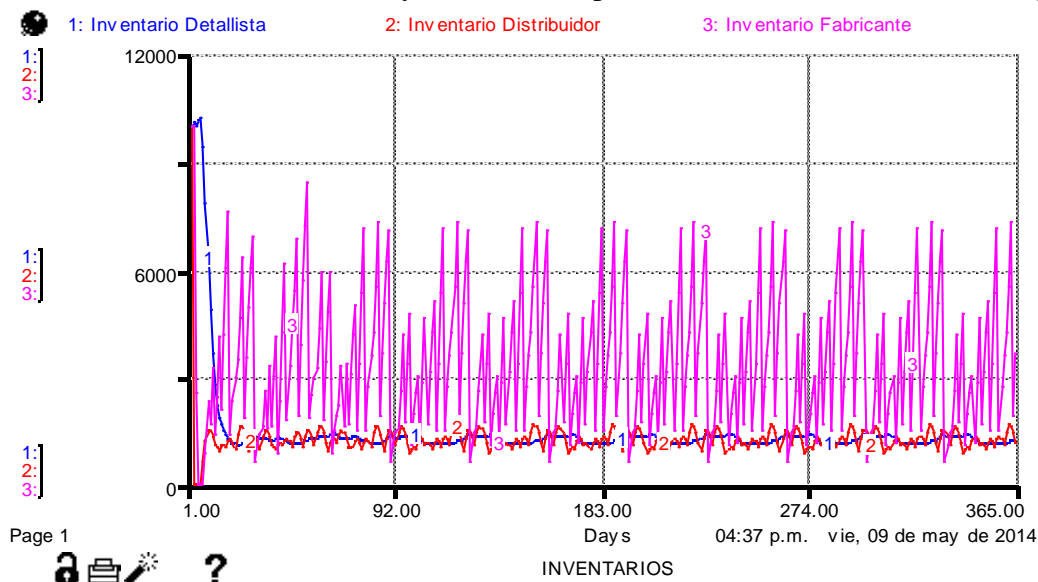


Figura 10: Gráfico prueba bajo demanda extremadamente alta

- Para las condiciones de demanda extremadamente alta se puede ver cómo los inventarios se mantienen a un nivel relativamente bajo ya que el producto está en constante demanda. Para el fabricante resulta más fácil mantener un producto en inventario ya que es el primero en hacer el pedido y tiene más tiempo para hacer su orden.

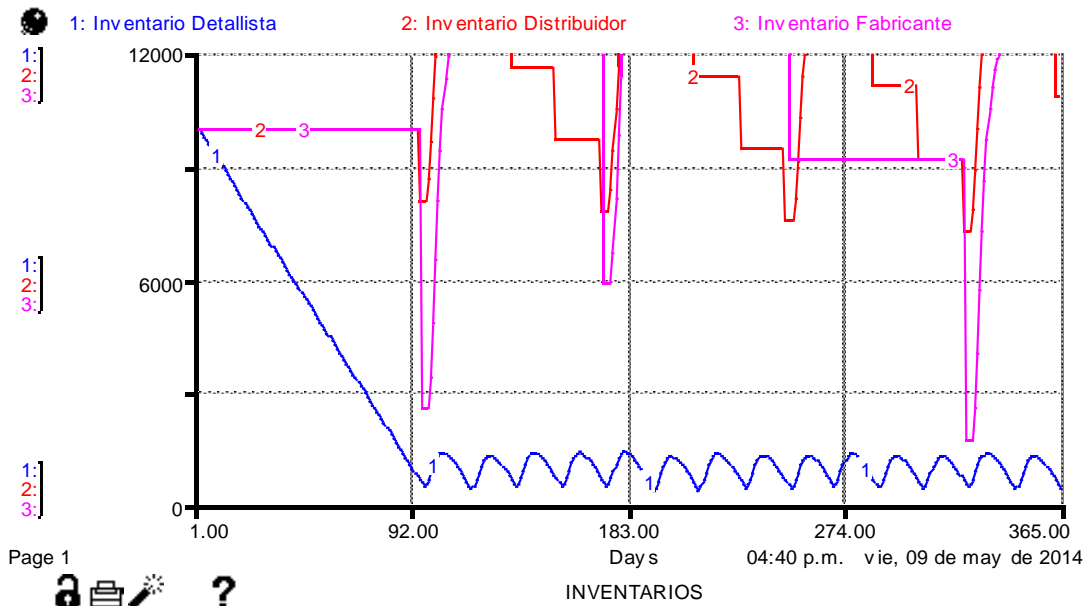


Figura 11: Gráfico prueba bajo demanda extremadamente baja

- Para la demanda extremadamente baja se puede ver que el detallista puede manejar un inventario mucho menor a las otras dos condiciones ya que es el primero en recibir el pedido del cliente y debido a que no hay mucha demanda a satisfacer. Para el distribuidor y el fabricante en éste caso se vuelve complicado manejar un inventario adecuado por lo que se debe analizar en las métricas de desempeño los valores que deben variar para obtener un adecuado manejo del inventario y pedidos con el ánimo de ahorrar costos.
- Para la siguiente prueba se corrió el modelo con una variación en los lead time del fabricante en -38%, distribuidor en +18% y del detallista en -16% y una variación de +50% en la demanda del consumidor. La demanda comenzó en un nivel de 1100 unidades, es decir bajo condiciones normales de demanda inicial (el comportamiento de la cadena bajo estas condiciones se presenta en la figura 12)

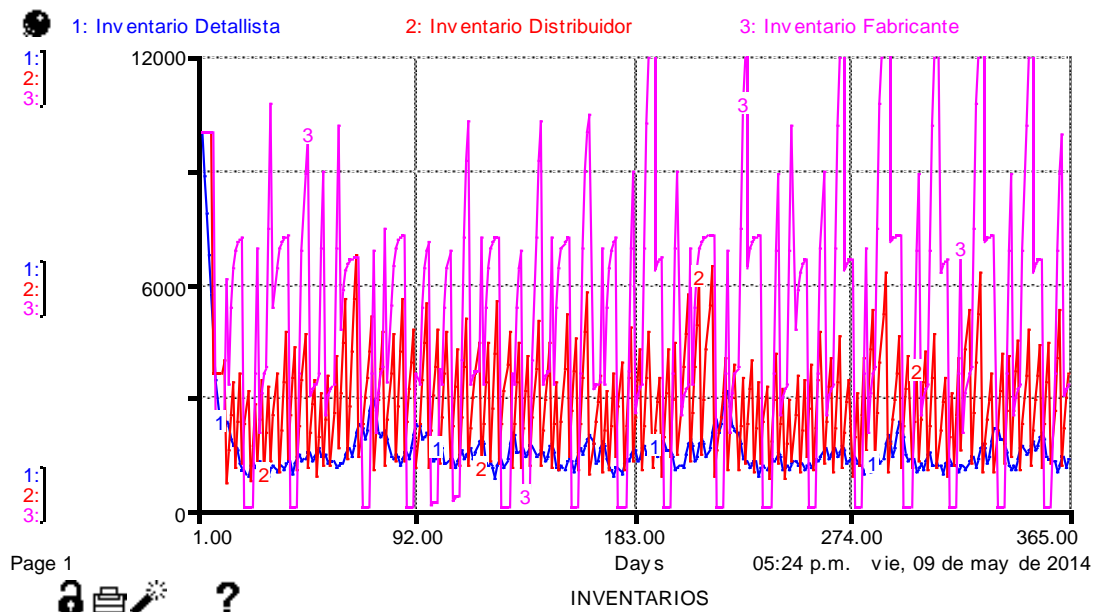


Figura 12: Gráfico prueba bajo condiciones de variación de demanda y lead times

- Con el gráfico anterior se busca simular el comportamiento de la cadena bajo diferentes condiciones tanto de variabilidad de los lead times como de variabilidad de la demanda. Se busca con estos resultados analizar el comportamiento de la cadena de suministro con el objetivo de buscar soluciones y estimaciones confiables a la hora de lidiar con varianzas en demanda y lead times. En este caso se observa cómo la variación negativa en el lead time del fabricante obliga al mismo a incurrir en órdenes de pedidos más grandes, resultando así en mayores inventarios. El mismo tipo de análisis se busca hacer con el distribuidor y el detallista.

5.4.1 RESULTADOS ESPECÍFICOS

- Con base en las diferentes pruebas se encontró que, con una demanda normal del consumidor y mientras el tiempo de espera en las 3 etapas de la cadena disminuye (25%), el inventario promedio diario y los días de abastecimiento promedio suben y el número total de agotamiento de inventario disminuye en las tres etapas (como se muestra en la figura 13 y tabla 3)

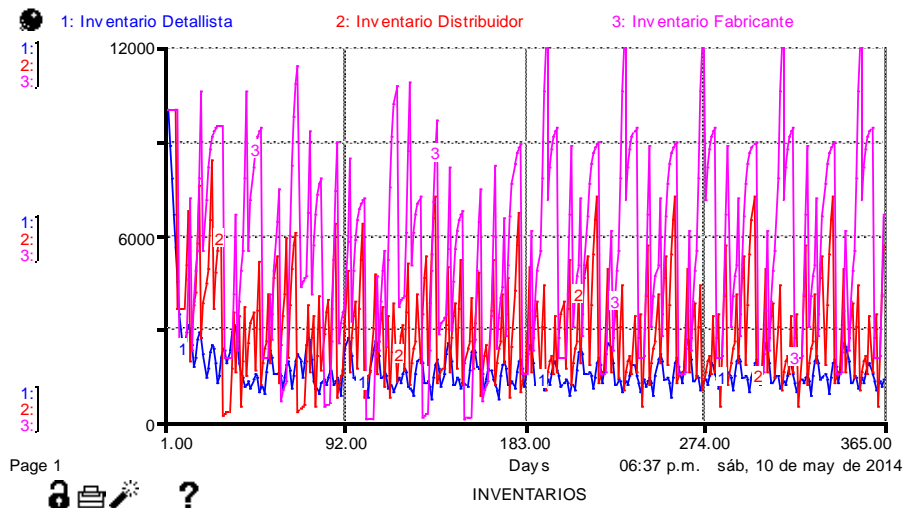


Figura 13: Gráfico con variación negativa de los lead times.

Tabla 3: Resultados de variación negativa

Métricas de Desempeño			
Inventario	Detallista		3.409.2
	Distribuidor		3.945.7
	Fabricante		5.613.2
Promedio Diario	Detallista		1.5
	Distribuidor		2.6
	Fabricante		4.6
Dias de Suministro	Detallista		50.0
	Distribuidor		77.0
	Fabricante		21.0
Stockouts por año	Detallista		1.097.6
	Distribuidor		1.529.6
	Fabricante		1.127.3
Demanda Promedio Diaria	Detallista		6.417.1
	Distribuidor		7.481.1
	Fabricante		10.807.4
EOQ	Detallista		5.975.6
	Distribuidor		6.242.6
	Fabricante		6.509.5
Punto de Reorden	Detallista		87.0
	Distribuidor		55.0
	Fabricante		36.0
Órdenes al año	Detallista		33.2
	Distribuidor		33.9
	Fabricante		34.6
Desviación Estándar Demanda	Detallista		
	Distribuidor		
	Fabricante		

Con el mismo tiempo de espera y varios niveles de demanda diaria, se pueden observar los siguientes resultados:

- Se observó que mientras la demanda diaria disminuye (con una variabilidad de 25%), la variabilidad del inventario incrementa cada etapa y también se mueve en el sentido contrario (de detallista hacia productor); mientras la variabilidad de la demanda es afectada levemente en cada etapa e incrementa moviendo en el sentido correcto (de producción a detallistas) relativa al nivel base mostrado anteriormente (figura 14 y tabla 4).

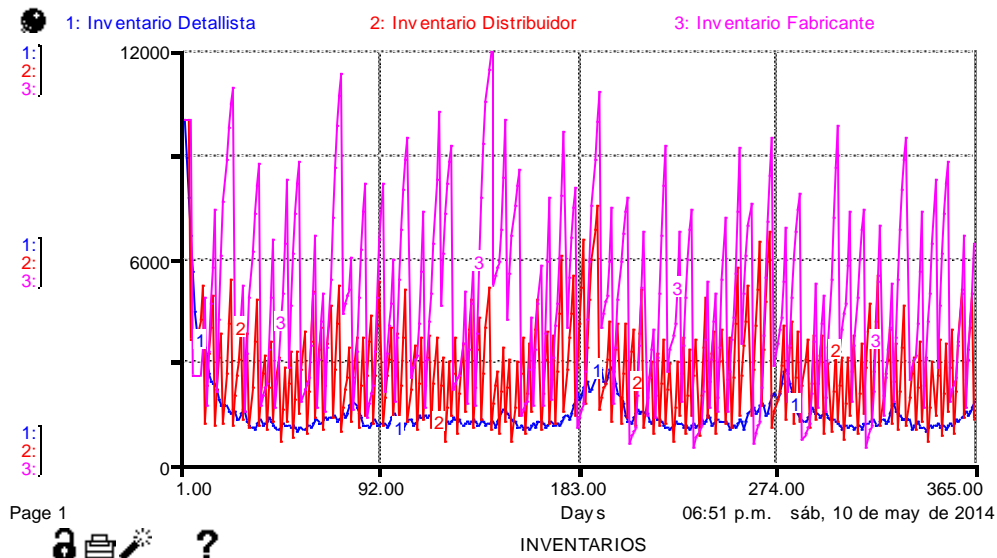


Figura 14: Variabilidad negativa de la demanda

Tabla 4: Resultados variabilidad negativa

Métricas de Desempeño		
Inventario Promedio Diario	Detallista	3.440.2
	Distribuidor	3.977.4
	Fabricante	5.645.7
Días de Suministro	Detallista	1.3
	Distribuidor	2.4
	Fabricante	4.0
Stockouts por año	Detallista	88.0
	Distribuidor	93.0
	Fabricante	30.0
Demanda Promedio Diaria	Detallista	1.095.5
	Distribuidor	1.723.0
	Fabricante	1.188.8
EOQ	Detallista	6.417.1
	Distribuidor	7.481.1
	Fabricante	10.807.4
Punto de Reorden	Detallista	7.931.7
	Distribuidor	8.286.9
	Fabricante	8.642.0
Órdenes al año	Detallista	98.0
	Distribuidor	58.0
	Fabricante	37.0
Desviación Estándar Demanda	Detallista	33.2
	Distribuidor	33.9
	Fabricante	34.6

- Por el contrario, cuando la demanda diaria incrementa (25%), la variabilidad del inventario cambia levemente en cada etapa de la cadena y se incrementa significativamente moviéndose en el sentido correcto; Mientras la variabilidad de la demanda no se ve afectada en cada etapa e incrementa significativamente para el distribuidor y el productor. Incrementar la variabilidad en el inventario diario y la demanda diario moviéndose en sentido correcto en la cadena se debe al efecto látigo (figura 15 y tabla 5). El incremento de la variabilidad del inventario diario en cualquier etapa cuando la demanda diaria disminuye significativamente, se debe a que se usó la misma cantidad en los pedidos y se basa en la demanda diaria de cada nivel. Hay un efecto casi netamente contrario cuando la demanda diaria incrementa significativamente.

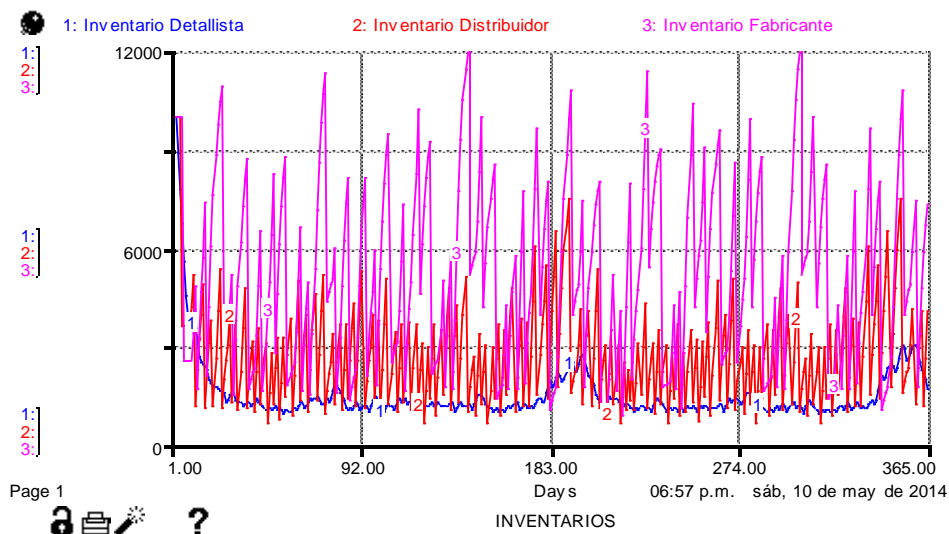


Figura 15: Gráfico variabilidad positiva de la demanda

Tabla 5: Variabilidad positiva de la demanda

Métricas de Desempeño		
Inventario	Detallista	3.440.2
	Distribuidor	3.977.4
	Fabricante	5.645.7
Promedio Diario	Detallista	1.3
	Distribuidor	2.4
	Fabricante	4.3
Dias de Suministro	Detallista	109.0
	Distribuidor	94.0
	Fabricante	23.0
Stockouts por año	Detallista	1.098.1
	Distribuidor	1.740.5
	Fabricante	1.188.8
Demanda Promedio Diaria	Detallista	6.417.1
	Distribuidor	7.481.1
	Fabricante	10.807.4
EOQ	Detallista	7.931.7
	Distribuidor	8.288.9
	Fabricante	8.642.0
Punto de Reorden	Detallista	99.0
	Distribuidor	58.0
	Fabricante	36.0
Órdenes al año	Detallista	33.2
	Distribuidor	33.9
	Fabricante	34.6
Desviación Estándar Demanda	Detallista	
	Distribuidor	
	Fabricante	

Se concluye entonces que mientras disminuye el tiempo de espera, la variabilidad del inventario diario incrementa para el nivel del detallista, del distribuidor y del productor, mientras la variabilidad de la demanda incrementa en el sentido contrario del flujo de la cadena. Cuando se incrementan los tiempos de espera, la variabilidad del inventario diario incrementa levemente y se vuelve un valor muy alto en cada nivel de la cadena e incrementa significativamente cuando se mueve contrario al flujo natural de la cadena. Incrementos en la variabilidad diaria del inventario y de la demanda en el sentido contrario al flujo de la cadena se deben al efecto látigo.

Basados en el análisis del escenario y de la sensibilidad comentados anteriormente, se puede decir que sería beneficioso para los gerentes de la cadena, poder comprobar el impacto de la demanda del consumidor y los tiempos de espera en la cadena de suministros en términos de desempeño crítico de la cadena como los son el inventario diario promedio, los días promedio de reabastecimiento, el número total de agotamientos de inventario anualmente y la desviación estándar de la demanda diaria.

6. CONCLUSIONES

El modelo propuesto puede servir como una herramienta importante para observar y estudiar las relaciones y procesos que conforman la cadena de abastecimiento de una empresa de distribución de alimentos y bebidas genérica. Se encuentra altamente útil también para un análisis del diseño de la cadena misma. Adicionalmente, el modelo puede ser utilizado para usar el concepto de dinámica de sistemas para potenciar y estudiar todo tipo de cadena de abastecimiento. Se debe tener en cuenta que el modelo es un modelo genérico y que los resultados que se analizaron y arrojó el modelo son datos de suposición. A la hora de evaluar una cadena de abastecimiento real se utilizan datos concretos que arrojarán resultados reales. El modelo es ampliamente útil para analizar el cambio de valores para todo tipo de variables como se puede ver en la sección de pruebas y resultados de este trabajo. Sin embargo, el modelo no tiene en cuenta los costos y fabricación, inventario y transporte. Aunque estos costos son de vital importancia en el manejo de los costos en la cadena de suministros, no se incluyeron con el ánimo de enfocar el estudio en la variabilidad de la demanda y los lead times en términos del comportamiento de la cadena sin tener el obstáculo de presupuestos.

Debido a la formulación del diagrama causal se puede obtener un mejor entendimiento de la estructura de la cadena y como cada etapa afecta la siguiente. El diagrama causal permitió lograr una adecuada construcción del modelo, de manera que se logra una estructura base con un enfoque en la relación existente entre variables y los efectos látigos que estas causan.

Para próximas pruebas del modelo se recomienda utilizar datos reales de la industria de alimentos y bebidas que permita a la empresa encontrar información real que facilite la toma de decisiones acertadas.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aracil, J. (1995). Dinámica de Sistemas. En J. Aracil, *Dinámica de Sistemas* (pág. 88). Sevilla, España: Isdefe.
- DIAN. (14 de Mayo de 2012). *www.dian.gov.co*. Recuperado el 22 de Marzo de 2014, de *www.dian.gov.co*: *www.dian.gov.co*
- Diario El País. (17 de 4 de 2012). *www.elpais.com.co*. Recuperado el 22 de 3 de 2014, de *www.elpais.com.co*: *www.elpais.com.co*
- Echeverri, S. R. (2010). *Modelización de una cadena de abastecimiento (supply chain) para el sector textil-confección en el entorno colombiano*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Forrester, J. W. (1968). *Industrial Dynamics*. Massachusetts, Estados Unidos: INFORMS.
- Huertas, I., Clavijo, J., & Buitrago, J. A. (2011). *Modelo de dinámica de sistemas para la cadena de abastecimiento de la granadilla en Cundinamarca, Colombia*. Bogotá: 9° Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas .
- IseeSystems. (s.f.). *www.iseesystems.com*. Recuperado el 22 de Marzo de 2014, de *www.iseesystems.com*: *www.iseesystems.com*
- Jafari Nasab, A., Sahraeian, R., & Moslemi, A. (2012). A New System Dynamics Distribution Network Simulation Model with Uncertain Demands for Analyzing Lead Times Effect. (págs. 260-267). Tehran: 6th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management.
- Kumar, S., & Nigmatullin, A. (5 de Agosto de 2011). A system dynamics analysis of food supply chains - Case study with non - perishable products. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 2151-2168.
- Ministerio de Comercio Industria y Turismo. (19 de Marzo de 2014). *www.tlc.gov.co*. Recuperado el 22 de Marzo de 2014, de *www.tlc.gov.co*: *www.tlc.gov.co*
- Morecroft, J. (2007). *Strategic Modelling and Business Dynamics: A feedback systems approach*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- ProChile. (Septiembre de 2011). *Estudio de mercado snacks (frutos secos) en Colombia*. ProChile, Información Comercial. Bogotá: ProChile Información Comercial. Recuperado el Septiembre de 2011
- ProChile. (2012). *Estudio de mercado del vino en Colombia*. ProChile, Oficina Comercial. Bogotá: Oficina Comercial.

Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modelling for a Complex World*. McGraw-Hill.

Tratado de libre comercio Colombia-Canadá. (21 de 11 de 2008). www.sice.oas.org. Recuperado el 22 de 3 de 2014, de www.sice.oas.org: www.sice.oas.org

Tratado de libre comercio Colombia-Chile. (8 de Mayo de 2009). www.sice.oas.org. Recuperado el 22 de Abril de 2014, de www.sice.oas.org: www.sice.oas.org

Tratado de libre comercio Colombia-Estado Unidos. (22 de 11 de 2006). www.sice.oas.org. Recuperado el 22 de 3 de 2014, de www.sice.oas.org: www.sice.oas.org

Universidad de Málaga. (s.f.). <http://www.isa.uma.es>. Recuperado el 22 de Marzo de 2014, de <http://www.isa.uma.es/default.aspx>:
[http://www.isa.uma.es/C17/Presentaciones%20de%20Clase%20\(ppt\)/Document%20Librariy/SEMINARIO_dinamica_sistemas.pdf](http://www.isa.uma.es/C17/Presentaciones%20de%20Clase%20(ppt)/Document%20Librariy/SEMINARIO_dinamica_sistemas.pdf)

